

Untersuchungen über den Einfluß
von Nahrungsaufnahme
auf die intraokulare Hydrodynamik

von

KARL-HEINZ DOLINSKI

München 1962



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555624_0006

AUS DER AUGENKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. W. Rohrschneider

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS
VON NAHRUNGS-AUFNAHME
AUF DIE INTRAOKULARE HYDRODYNAMIK

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von
Karl-Heinz Dolinski

aus
Halle a/S

München 1962



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Professor Dr. H.J. Merté
Mitberichterstatter: Professor Dr. W. Rohrschneider
Dekan: Professor Dr. W. Seitz

Tag der mündlichen Prüfung: 26.6.1962

meinen Schwiegereltern

INHALTSVERZEICHNIS

A E i n l e i t u n g

1. Aufgabenstellung

2. Grundlagen

- a) Zustandekommen des Augendruckes
- b) Tonometrische und tonographische Untersuchungen
- c) Nahrungsaufnahme und Blutdruck
- d) Blutdruck und Augendruck
- e) Augendruck und Nahrungsaufnahme

B E i g e n e U n t e r s u c h u n g e n

1. Material und Methodik

2. Versuchsergebnisse

C B e s p r e c h u n g d e r E r g e b n i s s e

D Z u s a m m e n f a s s u n g

E L i t e r a t u r

A Einleitung

1. Aufgabenstellung

Bei systematischen Untersuchungen an der Münchener - Universitäts-Augenklinik an gesunden Augen, die in den Morgenstunden und zur Mittagszeit tonographiert worden waren, war aufgefallen, daß Augen, bei denen die zweite Messung kurz nach dem Mittagessen vorgenommen worden war, gegenüber solchen, bei denen die Messung kurz vor dem Essen stattgefunden hatte, einen im Durchschnitt deutlich erhöhten Abflusswiderstand aufwiesen. Die Werte der vorausgehenden Untersuchung am Vormittag dienten als Ausgangspunkt.

Diese zufällig gemachte Beobachtung soll in der vorliegenden Arbeit näher untersucht werden.

2. Grundlagen

a) Zustandekommen des Augendruckes

Der im Augenninnern herrschende Druck hängt von sehr verschiedenen Momenten ab. Vor allem spielen dabei die Dehnbarkeit der Sklera und der Inhalt des Augapfels eine ausschlaggebende Rolle. Der letztere besteht aus Aderhaut und Netzhaut, Linse und Glaskörper, aus dem in den Gefäßen kreisenden Blut und dem Kammerwasser. Bestimmend für den jeweiligen Inhalt des Bulbus sind die Gesamtmenge des die Augengefäße durchströmenden und füllenden Blutes und das Volumen des den Glaskörper durchsetzenden und besonders in der hinteren und vorderen Augenkammer befindlichen Kammerwassers. Dieses wird von dem Ciliarkörper durch Filtration oder Sekretion abgesondert. Darauf tritt es in kontinuierlichem Strome in die hintere Kammer ein, von da aus durch die Pupille in die vordere Kammer und verläßt endlich den Bulbus vorzugsweise im Kammerwinkel durch die Fontanaschen Räume, gelangt in den Schlemmschen Kanal, von wo der weitere Transport durch Kammerwasser führende Venen in die Blutbahn erfolgt.

Soll kein Überdruck entstehen, so muss das dem Augenninnern zugeführte und durch den Kammerwinkel abgeleitete Quantum Flüssigkeit sich genau die Waage halten. Übermäßige Produktion oder Behinderung des Abflusses erzeugen eine Drucksteigerung. Ein besonders fein arbeitender vasomotorischer Apparat hält im allgemeinen die im Gesamtkreislauf eintretenden Druckschwankungen durch entsprechende Kaliberverengung der intraokularen Gefäße so vom Auge fern, daß eine übermäßige Blutfülle im Bulbus vermieden wird. Im Gegensatz zum Gesunden sind aber oft bei manchen Glaukompatienten Parallelen zwischen plötzlichem Blutdruckwechsel und Augenspannung deutlich sichtbar. Der Grund kann in einem Versagen des vasomotorischen nervösen Apparates oder auch in sklerotischen Veränderungen des Gefäßsystems ge-

sucht werden. Bei der Mehrzahl der normalen Augen, und bei fast allen glaukomatös veränderten, ergeben sich aber, selbst bei gleichmäßiger Lebensweise, regelmäßige Tagesdruckschwankungen. Sie pflegen im normalen Auge zwar nur wenige Millimeter zu betragen, steigen jedoch bei glaukomatösen Augen oft zu beträchtlicher Höhe an und können hier bis zu 20 mm/Hg ausmachen.

Der Druck ist bei der Mehrzahl der gesunden Augen in den Stunden des Vormittags hoch, nimmt dann entweder sofort, meist aber erst nach einem kurzen Anstieg allmählich ab, um am Spätnachmittag seinen tiefsten Stand zu erreichen. Der Gipfel dürfte etwa zwischen vier Uhr und sechs Uhr morgens liegen. Es ergibt sich eine typische Druckkurve, die auch bei einer über längere Zeit sich erstreckenden Beobachtung in annähernd gleicher Form bestehen bleibt.

b) Tonometrische und Tonographische Untersuchung

Gemessen wird der Augendruck meist mit dem Tonometer von Schiötz, einem Instrument, das auf die unempfindlich gemachte Cornea aufgesetzt wird. Ein mit Gewichten belegter Stift deltt die Hornhaut ein. Durch das Senken des Stiftes wird ein am oberen Ende angebrachter Zeiger bewegt und weist die Tiefe der entstandenen Eindellung nach. Je geringer der Zeigerausschlag, umso weniger wurde die Cornea eingedellt, und umso höher also der intraokulare Druck. Der Zeigerausschlag wird an einer geeichten Skala abgelesen, und danach kann der Augendruck bestimmt werden. Genauere Untersuchungen lassen sich mit dem Elektrotonometer erzielen. Es besteht im Prinzip aus einem Schiötz-Tonometer, bei dem das Einsinken des Tonometerstiftes nicht mechanisch auf einen Zeiger übertragen wird, sondern elektrisch auf ein Registriergerät. Die oben erwähnten rhythmischen Augendruck-Änderungen erkannte Pagenstecher im Jahre 1878. Er beschrieb damals das Weichwerden des Bulbus durch Massage. Durch die Erfindung des Tonometers war es nun möglich, den Druck im Auge vor und nach der Massage

zu messen. Das Sinken des Druckes durch die Belastung mit einem Tonometer ist vor allem am gesunden Auge, weniger am glaukomatös veränderten, festgestellt worden, (Köhler) da der intraokulare Druck durch Massage des Bulbus beim gesunden Auge weiter absinkt als beim glaukomkranken. Wird in kurzen Abständen der Druck eines Auges gemessen, so bekommt man bei jeder Ablesung einen geringeren Wert als bei der vorhergehenden.

Friedenwald hat durch eingehende Untersuchungen das Volumen des bei der Tonometrie verdrängten Bulbusinhaltes für jeden an der Tonometerskala gefundenen Messwert genau bestimmt.

Davon ausgehend entwickelte Grant eine Methode, mit der es möglich war, das durch die Kompression des Tonometers während eines bestimmten Zeitraumes vermehrt aus dem Augenninnern abströmende Kammerwasser-Volumen mathematisch genau zu ermitteln und daraus auch das Minutenvolumen des Kammerwasserdurchflusses im unberührten Auge zu berechnen. Seine Überlegung beruhte auf folgendem physikalischem Verhalten des Auges: Der Tonometerstift drückt eine Stelle der Hornhaut ein. Dadurch und durch das Gewicht des Tonometers steigt der intraokulare Druck. Die Sklera dehnt sich, es entsteht eine Volumenzunahme, die gleich der Volumenabnahme durch die Eindellung der Cornea ist. Der Druck fällt nun, wenn das Tonometer auf der Cornea bleibt, da das Kammerwasser infolge der Belastung des Bulbus durch das Tonometer und den damit verbundenen höheren Druck ausgepresst wird. Je mehr der Druck fällt umso tiefer dellet der Tonometerstift die Hornhaut ein. Diese Drucksenkung dauert so lange, bis der intraokulare Druck annähernd gleich dem Druck vor Beginn der Tonometrie ist.

Es erscheint an dieser Stelle zweckmäßig, eine Übersicht über die mit der Tonographie zu gewinnenden Auswertungen zu geben.

Der Augendruck, der kurz vor dem Aufsetzen des Tonometers

auf das Auge besteht, wird als P_o , der geschlossene Manometerdruck, bezeichnet; dieser Wert wird aus Tabellen abgelesen. Als P_t , offener Manometerdruck, wird der Druck innerhalb des Auges bezeichnet, wenn das Tonometer auf der Cornea ruht.

Das Abflußvermögen C stellt eine Zahl dar, die angibt, mit welchem Leichtigkeitsgrad das Kammerwasser während der Messung aus dem Auge gepresst wird. Es wird abgelesen aus Tabellen, auf denen die Gesamtänderung des intraokularen Volumens, der Druck und die Zeiteinheit in Beziehung zu einander gebracht werden.

Konstant fließt, auch während der Druckmessung, das normalerweise gebildete Kammerwasser ab. Es wird als der ständige Durchfluß von Kammerwasser F bezeichnet und wird ebenfalls errechnet aus Tabellen.

c) Nahrungsaufnahme und Blutdruck

Wie schon erwähnt, schwankt der Augendruck in einem tageszeitlichen Rhythmus, wobei er vormittags höher liegt als abends, um in der Nacht seinen höchsten Stand zu erreichen.

Köllner hat sich nun mit der Frage beschäftigt, ob die Nahrungsaufnahme zu einer so beträchtlichen Änderung der Blutkonzentration und des Blutdruckes führen kann, daß eine nennenswerte Änderung des Augendruckes darauf zurückgeführt werden könnte.

Bevor ich auf die Untersuchungen von Köllner eingehe, erscheint es mir wichtig, zu klären, über welche Faktoren eine Beeinflussung des Augendruckes durch die Nahrungsaufnahme überhaupt möglich ist.

Verfolgen wir daher den weiteren Weg der Nahrung grob schematisiert. Nach dem Kauen und Schlucken gelangt sie in den Magen. Hier erfolgt die Sekretion des Magensaftes, deren Auslösung

1. reflektorisch
2. chemisch

zustande kommt.

Experimente haben gezeigt, daß die Einwirkung der Abbaustoffe der Nahrung in der Pylorusschleimhaut die Bildung eines hormonartigen Stoffes auslöst, des Gastrins, das eine kräftige Sekretion hervorruft, sobald es in die Blutbahn gespritzt wird.

Hier wäre eine indirekte Beeinflussung des Auges durch die Nahrung möglich, doch ist anzunehmen, daß das Gastrin, und andere ähnliche Stoffe, nur auf die Schleimhaut wirken, also einen spezifischen Stoff spezifischer Zellen darstellen.

Es folgt dann die eigentliche Verdauung des Nahrungsbreis. Verschiedene Sekrete wirken auf diesen ein und vollbringen den eigentlichen Teil der Verdauung: Überführung der Kohlehydrate, Eiweiße und Fette in resorbierbare, wasserlösliche Bruchstücke.

Zu untersuchen wäre nun, ob die Verdauung den Blutdruck durch das vermehrt im Verdauungsapparat angebotene Blut beeinflußt.

Da der Körper bestrebt ist, den Blutdruck möglichst immer auf gleicher Höhe zu halten, sind im Kreislauf gewisse Maßnahmen getroffen, um den wechselnden Anforderungen gerecht zu werden.

1. Erhöhung des Herzschlagvolumens
2. Erhöhung der Schlagfrequenz
3. Entspeicherung von Leber, Milz und Lunge, dadurch Vermehrung der umlaufenden Blutmenge
4. Die Blutversorgung ruhender Organe wird zugunsten arbeitender eingeschränkt

Der Kreislauf müßte also den Blutdruck unter normalen Verhältnissen durch die Eigenregulation immer auf ungefähr gleicher Höhe halten.

Etwas eine Stunde nach der Nahrungsaufnahme besteht im Magen, Duodenum und zum Teil auch im oberen Dünndarm eine rege Ver-

dauungstätigkeit, die zu einer gewaltigen Erweiterung und Mehrdurchblutung des regionären Gefäßgebietes führt. Die damit verbundene Verminderung des Gefäßwiderstandes ist in diesem Gebiet anscheinend derartig kräftig, daß es für einen gewissen Zeitabschnitt zu einer allgemeinen Erniedrigung des peripheren Widerstandes im Kreislauf kommt. Mit dieser Verminderung des Widerstandes geht ein Absinken des Blutdruckes einher, da sich das Herzminutenvolumen und die Schlagfrequenz des Herzens nach Bilecki nur wenig ändern.

d) Blutdruck und Augendruck

Wessely hatte diese Zusammenhänge schon erkannt und untersuchte daher genauer die Correlationen zwischen Augentension und Blutdruckschwankungen. Trotz des überraschend regelmäßigen Auftretens der nachmittäglichen Drucksenkung des Augeninnern konnte er nicht mit Sicherheit ermitteln, wieweit und in welchem tageszeitlichen Verhältnis ein zeitlich entsprechender Abfall des Blutdruckes, möglicherweise verursacht durch ein Abströmen des Blutes in andere Regionen, also in die Baueingeweide, verantwortlich gemacht werden muss. Auf Grund seiner Versuche kommt er aber dann doch, wie nach ihm Köllner, zu dem Ergebnis, daß der Blutdruck den Augendruck maßgeblich beeinflusst. Allerdings lehnt er die Aussage von Leber, der behauptet, daß nur der Blutdruck für den wechselnden Augendruck verantwortlich sei, ab. Er zieht noch andere Faktoren, wie Osmose und Diffusion, für das Zustandekommen des Augendruckes in Betracht.

Wie weiter vorne schon berichtet, untersuchte Köllner ebenfalls den Einfluss des Blutdruckes auf die Tensionsschwankungen im Auge. Er konnte beobachten, daß beim Glaukomaugedruckänderungen erhebliche gleichsinnige Tensionsschwankungen hervorrufen. Sämtliche atypischen Druckschwankungen die er beobachten konnte, gingen mit gleichartigen Blutdruckänderungen einher. Demnach mussten die

Tensionsänderungen im Auge offenbar auf diese zurückgeführt werden.

e) Augendruck und Nahrungsaufnahme

Köllner ging bei seinen Versuchen so vor, daß er eine Reihe von Glaukomkranken täglich gemessen hat und einige Hungertage einschob. Da bei mehreren Hungertagen der Druckabfall nach dem Essen ausblieb, kam er zu dem Schluß, daß zweifellos, wenn auch nicht immer, die Nahrungsaufnahme die Form der täglichen Augendruckkurve wesentlich beeinflußt, über das Abflußvermögen vermochte er damals noch nichts auszusagen. Er erklärte, der Druckabfall nach dem Essen sei auf die Nahrungsaufnahme zurückzuführen. Durch das Essen steige die Blutkonzentration, sodaß die zum Ausgleich nötige Wasserentziehung die Augendruckwerte sinken läßt.

Im Gegensatz dazu konnten Langley und Swanljung 1951 keinen Einfluß des Essens auf die Tagesdruckkurve nachweisen. In einigen Fällen stieg bei ihren Untersuchungen der Druck, teils fiel er, sogar bei den gleichen Personen. In einzelnen Fällen ließ sich gar keine Änderung feststellen. Auch Alimuddin, Maslienikow, Hagen, Sallman und Deutsch, die die Tagesdruckkurven untersuchten, dabei einen höheren Druck am Morgen notierten, brachten den Druckabfall nicht mit der Nahrungsaufnahme in Verbindung.

Zu ähnlichen Resultaten kamen Thiel und De Roeth.

Nach Thiel kann sich das gesunde Auge bis zu einem gewissen Grade den durch physiologische Vorgänge bedingten Druckschwankungen in seinem Gefäßbezirk durch die normale Funktion seiner Gefäße anpassen. Das Glaukomauge hingegen hat diese Fähigkeit eingebüßt, sein Gefäßsystem gibt eher dem wechselnden Blutdruck nach.

Neueste Untersuchungen von Pilz und Comberg bestätigen die von Wessely erhobenen Befunde über die Einwirkung des Arteriendruckes, und damit Blutdruckes, auf den Augendruck.

Sie konnten beobachten, daß das Verhalten des Augendruckes von der Ausgangslage des Systems abhängt, daß also bei steigendem Augendruck arterielle Schwankungen weniger gedämpft werden. Glaukomaugen werden daher auf Blutdruck-Schwankungen ausgeprägter reagieren als gesunde Augen.

B E i g e n e U n t e r s u c h u n g e n

1. Material und Methodik

Gang der Untersuchung:

Die Versuche wurden in zwei Reihen durchgeführt und zwar an 30 gesunden und 16 glaukomkranken Augen (Glaukoma simplex). Jedes Auge wurde im Ganzen viermal tonographiert. Am ersten Tag, dem Testtag, um 10 Uhr und zwischen 12 Uhr 30 und 13 Uhr, das heißt circa eine Stunde nach Beendigung der Nahrungsaufnahme. Das Essen bestand in der normalen Krankenhauskost. Am nächsten Tag, dem Tag der Kontrolluntersuchung, war die Untersuchung die nämliche, mit dem Unterschied, daß der Patient vor der zweiten Messung keine Nahrung zu sich nehmen durfte. An beiden Tagen wurden die Patienten nach der ersten Messung angehalten zu ruhen. Die Werte des zweiten Tages dienen als Vergleichsmessung, ob das Mittagessen einen Einfluß auf den Augen- druck, das Abflußvermögen und den F-Wert ausübt. Untersucht wurde teilweise mit dem Tonometer von Müller, teils mit dem Tonometer der Firma Schwarzer, Der Wechsel der Apparate war notwendig, da das Tonometer von Müller ausfiel. Ins Gewicht fallende Differenzen zwischen beiden Geräten ergaben sich keine, wie angestellte Vergleiche sichtbar werden ließen. Jeder Patient wurde nur mit dem einen oder dem anderen Apparat untersucht.

Nachdem die Hornhaut des Auges mit 2%igem Corneacain anästhesiert war, wurde der Patient in möglichst bequemer Lage auf ein Untersuchungsbett gelegt. Um ein absolutes Ruhigstellen des Tonometers zu erreichen, wurde das Tonometerhaltergerät von Merté verwendet. Die Augenlider wurden mit einem Lidöffner offengehalten, der jeden unerwünschten Druck auf den Bulbus ausschaltet und aus nichtleitendem Material besteht. Nach der Eichung des Gerätes wurde das Tonometer auf das Auge aufgesetzt und während fünf Minuten jede halbe Minute abgelesen. Das Stempelgewicht betrug durchwegs 7,5 Gramm. Jeweils nach

der zweiten Tagesmessung wurde das Auge mit Bisepitol simplex behandelt, um, falls leichte Epitheldefekte gesetzt wurden, Komplikationen zu verhüten. Der Patient wurde auch hier aufgefordert, sich nach der Untersuchung niederzulegen und die Augen zu schließen. Von den untersuchten Personen mit gesunden Augen waren 14 Frauen und 16 Männer, sie standen im Alter zwischen 19 und 70 Jahren. Für den Test mit glaukomkranken Augen wurden 10 Frauen und 6 Männer mit Glaukoma chronicum simplex herangezogen, deren Glaukom seit mindestens 24 Stunden nicht behandelt worden war.

2. Versuchsergebniss

Es wurden der Augendruck P_o , das Abflussvermögen C und der ständige Durchfluss von Kammerwasser F bei gesunden und glaukomatösen Augen untersucht, um feststellen zu können, ob sich ein etwaiger Einfluß der Nahrungsaufnahme bei gesunden und glaukomkranken Augen gleich oder ähnlich verhält.

a) Gesunde Augen

Die anschließenden Tabellen geben von beiden Tagen die gefundenen P_o -Werte wieder, ferner ihre Differenz zwischen der 10 Uhr und der Mittagsmessung und den Unterschied zwischen den Differenzen der beiden Tagesmessungen. Genauer ausgedrückt um wieviel der P_o -Wert im Vergleich zu den Messungen ohne Nahrungsaufnahme gestiegen oder gesunken ist. Dann folgt die Änderung in Prozenten ausgedrückt, und in der letzten Kolonne stehen die F-Werte. Auf der nächsten Tabelle sind die gewonnenen C-Werte aufgeführt, nach demselben Prinzip wie die P_o -Werte.

aa) Der Augendruck P_0

Die Tafeln 1 und 2 enthalten auf der Abszisse die Zahl der untersuchten Augen. Auf der Ordinate ist die Höhe der Differenz zwischen der 10 Uhr- und der Mittags-Messung aufgezeichnet. Senkrechte Linien über der Nulllinie bedeuten eine Steigerung des Augendruckes nach der Mittagsmessung, unter der Waagrechten eine Senkung. Die Rechtecke sind zur besseren Übersicht der Anzahl der Druckänderungen und der durchschnittlichen Höhe eingezeichnet.

Tabelle 1

Gesunde Augen

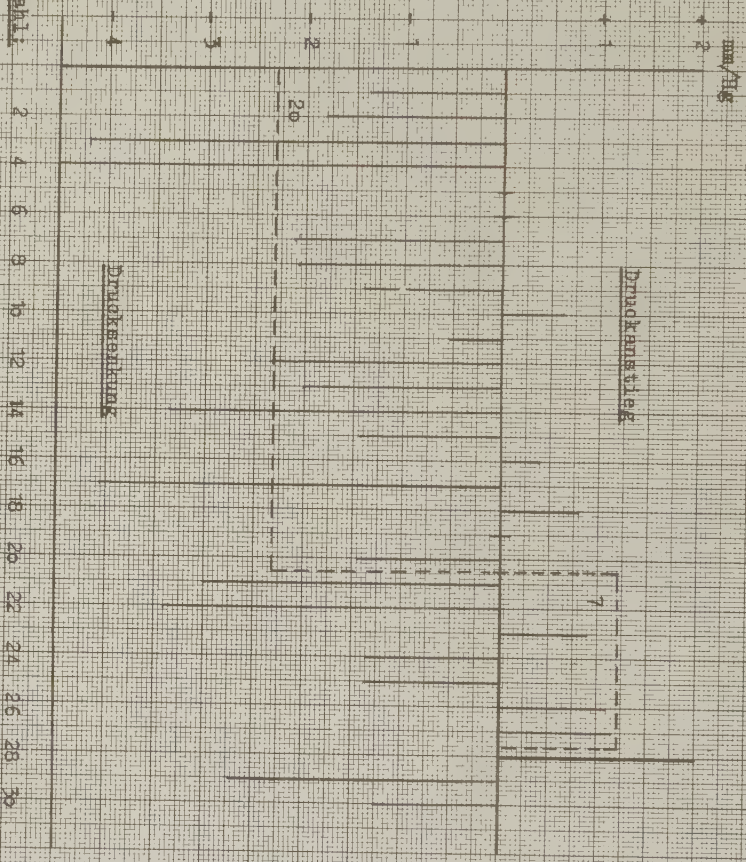
Nr.	P ₀₁	P ₀₂	Diff.	Diff.zw. 1. u. 2. Tag	%	F ₁	F ₂
1	20,50 19,20	19,10 17,90	1,40 1,30	+ 0,10	0,2	1,74 1,11	1,34 0,93
2	19,80 21,60	17,90 21,20	1,90 0,40	+ 1,50	7,6	1,62 1,48	1,05 1,80
3	18,52 17,01	14,31 16,45	4,21 0,56	+ 3,65	19,5	0,95 0,84	0,22 0,61
4	18,20 13,10	13,26 10,90	4,94 2,20	+ 2,74	13,3	1,43 0,22	0,37 0,00
5	17,92 15,61	17,92 16,17	0,00 -0,56	+ 0,56	3,7	1,12 0,39	0,93 0,58
6	17,01 18,52	17,01 15,61	0,00 2,91	- 0,29	16,1	0,89 2,11	1,27 0,94
7	16,73 17,92	14,57 19,16	2,16 -1,24	+ 3,40	19,4	0,58 1,05	0,58 1,05
8	16,45 17,30	14,31 15,01	2,14 2,29	- 0,15	0,0	1,08 0,95	0,57 0,63
9	16,50 18,20	15,10 16,20	1,40 2,00	- 0,60	3,4	0,85 1,04	0,47 0,49
10	15,61 14,57	16,17 15,61	-0,56 -1,04	- 0,48	3,8	0,68 0,45	0,74 0,64
11	15,35 15,09	14,31 13,10	1,04 1,99	- 0,75	6,9	0,47 0,61	0,34 0,21
12	15,10 14,80	12,65 14,30	2,45 0,50	- 1,95	13,1	0,51 0,58	0,12 0,31
13	15,09 14,51	13,10 13,10	1,99 1,41	+ 0,58	2,6	0,52 0,33	0,17 0,11
14	14,57 13,60	11,14 15,60	3,43 -2,00	+ 5,43	20,9	0,45 0,31	0,00 0,49
15	14,57 13,10	13,10 10,94	1,47 2,16	- 0,69	6,1	0,22 0,18	0,21 0,00

Nr.	P ₀₁	P ₀₂	Diff.	Diff.zw. 1. u. 2. Tag	%	F ₁	F ₂
16	14,30 11,40	14,60 14,60	-0,30 -3,20	- 2,40	27,4	0,31 0,00	0,45 0,11
17	14,07 12,62	9,98 10,56	4,09 2,00	+ 2,09	12,7	0,50 0,12	0,00 0,00
18	13,58 15,09	14,31 14,57	-0,73 0,52	- 1,25	8,9	0,37 0,58	0,39 0,66
19	13,10 13,10	13,10 12,88	0,00 0,22	- 0,22	1,7	0,16 0,12	0,16 0,09
20	13,10 13,10	11,70 11,70	1,40 1,40	+ 0,00 -	0,00	0,16 0,16	0,00 0,00
21	13,10 13,10	10,80 10,90	2,30 2,20	+ 0,10	0,7	0,21 0,21	0,00 0,00
22	13,10 13,10	9,90 12,20	3,20 0,90	+ 2,30	17,7	0,22 0,16	0,32 0,00
23	12,70 15,60	13,60 17,00	-0,90 -1,40	- 1,50	0,8	0,00 0,19	0,34 0,36
24	12,66 13,83	11,34 11,77	1,32 2,06	- 0,74	4,8	0,07 0,19	0,00 0,00
25	12,66 13,10	11,34 10,36	1,32 2,74	- 1,42	10,9	0,31 0,32	0,00 0,00
26	11,20 12,23	12,23 11,83	-1,03 1,40	- 2,43	20,9	1,02 0,11	0,14 0,02
27	10,90 12,70	12,04 12,20	-1,14 0,50	- 1,64	15,5	0,00 0,00	0,00 0,00
28	10,50 12,00	14,10 11,70	-3,60 0,30	- 3,90	38,5	0,00 0,00	0,42 0,00
29	15,86 16,74	13,50 15,88	2,76 0,86	+ 0,90	10,7	1,12 2,16	0,43 1,58
30	12,80 11,30	11,30 11,30	1,50 0,00	+ 1,50	12,5	0,11 0,00	0,00 0,00

Am Tage des Testes trat ein Druckabfall in 20 Fällen auf, 17 mal mehr als 1,4 mm/Hg. Bei den übrigen Augen lagen die Werte darunter. 7 mal stieg der Druck und 3 mal war keine Änderung festzustellen. (Tafel 2)

Dann wurde die Augendruck-Änderung zwischen Vormittags- und Mittagsmessung, die von Nahrungsaufnahme unbeeinflusst zustande gekommen war, ermittelt. Bei 23 Augen zeigte der Druck eine Senkung. Und zwar bei 14 Augen mehr als 1,40 mm/Hg, bei 6 Augen 0,5 mm/Hg und 1,40 mm/Hg, bei den restlichen Augen war die Drucksenkung kleiner. Einmal änderte sich der Augendruck nicht. Im Durchschnitt wurde er um 1,42 mm/Hg gesenkt und um 1,57 mm/Hg gesteigert. (Tafel 1)

Wie später bei dem Abflußvermögen ist in Tafel 3 zu jedem Fall die Differenz der beiden Tagesunterschiede dargestellt. Die quergestr. Senkrechten geben eine Drucksenkung nach dem Essen an, die schwarzen eine Erhöhung. Druckabfall und Erhöhung halten sich etwa die Waage, wie die beiden Rechtecke deutlich zeigen. Einmal sank der Augendruck an beiden Tagen um die gleiche Höhe, 13 mal sank er um 1,91 mm/Hg im Mittel und 16 mal stieg er durchschnittlich um 1,43 mm/Hg.



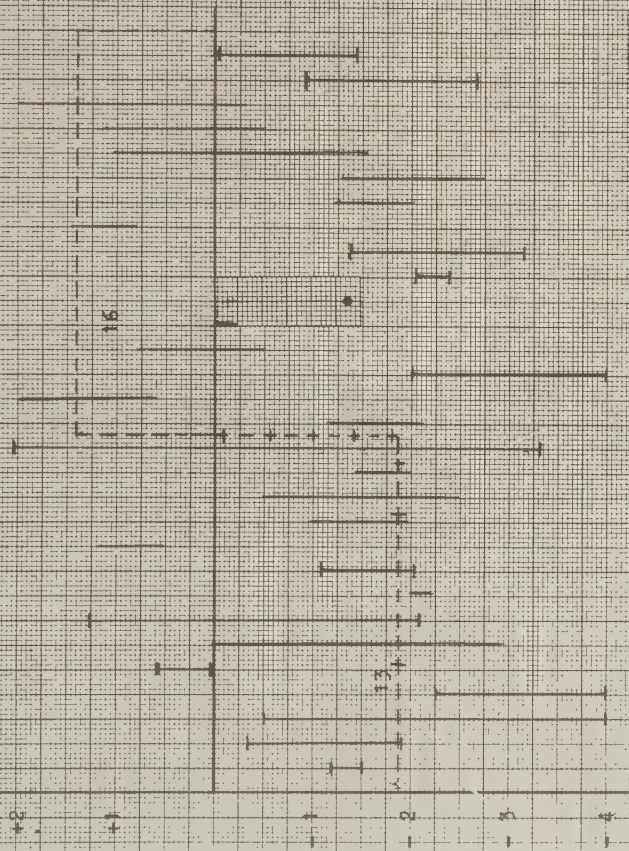
Druckanstieg

Drucksenkung

Tafel. 2

Gesunde Augen
Verhalten des Augenruckes
am Tage des Testes

mm/Tag



Po

Gesamte Augen
querger. Senkrechte
- Druckentkantung -
schwarze Senkrechte
- Druckentkantung -
infolge Nahrungsaufnahme

Augenzeit: 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29

Tafel: 3

bb) Das Abflußvermögen C

Ein Vergleich der Werte des Abflußvermögens, die am selben Tag um 10 Uhr und um 12 Uhr 30 ermittelt wurden, ergibt folgendes:

Bei 20 gesunden Augen wurde C bei den Kontrolluntersuchungen am zweiten Tag, ohne zwischen den beiden Messungen liegende Nahrungsaufnahme, um 12 Uhr 30 niedriger gefunden als um 10 Uhr. Die Werte schwanken kontinuierlich zwischen $0,074 \text{ cmm/min/mm/Hg}$ und $0,005 \text{ cmm/min/mm/Hg}$ (Tafel 4). Im Durchschnitt betrug die Senkung des Abflußvermögens $0,038$. Eine Steigerung trat in 9 Fällen auf, durchschnittlich um $0,015$ und einmal ergab sich keine Änderung.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Untersuchungen am ersten Tag mit zwischen beiden Messungen erfolgter Nahrungsaufnahme, wie Tafel 5 zeigt. Die Kurve hat sich grundlegend geändert. 16 mal ist der C-Wert noch gesunken, im Mittelwert um $0,023$, gestiegen in 12 Fällen um $0,028$.

Die Tafel scheint hier einen Einfluß des Essens erkennen zu lassen, sowohl was die Zahl der Abflußsteigerungen, als auch die Höhe der einzelnen Steigerungen angeht. Klar ersichtlich wird dies aus der Tafel 6, in der die Differenzen der Kontroll- und Testtage eingezeichnet sind.

In der Tafel 6 ist die Differenz der Testuntersuchung eines Auges mit der der Kontrolluntersuchung durch eine senkrechte Linie verbunden. Diese Gerade stellt damit den tatsächlichen Unterschied beider Untersuchungen dar. Quergestr. Linien zeigen an, daß das Abflußvermögen bei der Testuntersuchung verbessert ist, während aus den dunkel gezeichneten Geraden ersehen werden kann, daß das Abflußvermögen bei der Kontrolluntersuchung erhöht war. Die Abszisse gibt wieder die Anzahl der untersuchten Augen, die Ordinate das Abflußvermögen an.

23 Augen mit gestiegenem Abflußvermögen nach der Nahrungsaufnahme stehen 6 Augen mit einem gesunkenem C-Wert gegenüber, einmal war kein Unterschied festzustellen. Im Durchschnitt beträgt die Steigerung des Abflußvermögens 0,033 cmm/min/mm/Hg, die Senkung 0,026 cmm/min/mm/Hg.

Tabelle 2

Gesunde Augen

Abflussvermögen C

Nr.	C ₁	C ₂	Diff.	Diff.zw. 1. u. 2. Tag
1	0,200 0,155	0,181 0,155	0,019 0,000	- 0,019
2	0,198 0,168	0,206 0,208	- 0,008 - 0,040	- 0,032
3	0,143 0,162	0,096 0,132	0,047 0,030	- 0,017
4	0,228 0,158	0,240 0,160	- 0,012 - 0,002	+ 0,014
5	0,180 0,180	0,155 0,120	0,025 0,060	+ 0,035
6	0,168 0,310	0,240 0,240	- 0,072 0,070	+ 0,142
7	0,114 0,179	0,156 0,141	- 0,042 0,038	+ 0,080
8	0,228 0,170	0,220 0,190	0,008 - 0,020	- 0,028
9	0,204 0,167	0,198 0,144	0,006 0,023	+ 0,017
10	0,174 0,156	0,174 0,162	0,000 - 0,006	- 0,006
11	0,138 0,186	0,132 0,154	0,006 0,032	+ 0,026
12	0,150 0,186	0,126 0,120	0,024 0,064	+ 0,040
13	0,156 0,126	0,126 0,086	0,030 0,040	+ 0,010
14	0,156 0,162	0,158 0,126	- 0,002 0,036	+ 0,038
15	0,120 0,132	0,155 0,100	- 0,030 0,032	+ 0,062

Nr.	C ₁	C ₂	Diff.	Diff.zw. 1. u. 2. Tag
16	0,120 0,038	0,168 0,060	- 0,048 - 0,022	+ 0,026
17	0,210 0,140	0,200 0,120	0,010 0,020	+ 0,010
18	0,200 0,226	0,150 0,230	0,050 - 0,004	- 0,054
19	0,120 0,090	0,120 0,080	0,000 0,010	+ 0,010
20	0,120 0,138	0,108 0,120	0,012 0,018	+ 0,006
21	0,158 0,144	0,120 0,070	0,038 0,074	+ 0,036
22	0,154 0,114	0,115 0,060	0,049 0,054	+ 0,005
23	0,070 0,051	0,086 0,067	- 0,016 - 0,016	± 0,000
24	0,080 0,096	0,075 0,050	0,005 0,046	+ 0,041
25	0,320 0,230	0,350 0,250	- 0,030 - 0,020	+ 0,010
26	0,270 0,216	0,264 0,200	0,006 0,016	+ 0,010
27	0,115 0,152	0,145 0,114	- 0,030 0,038	+ 0,068
28	0,120 0,070	0,180 0,080	- 0,040 - 0,010	+ 0,040
29	0,270 0,430	0,240 0,380	0,030 0,050	+ 0,020
30	0,103 0,135	0,126 0,130	- 0,023 0,005	+ 0,028

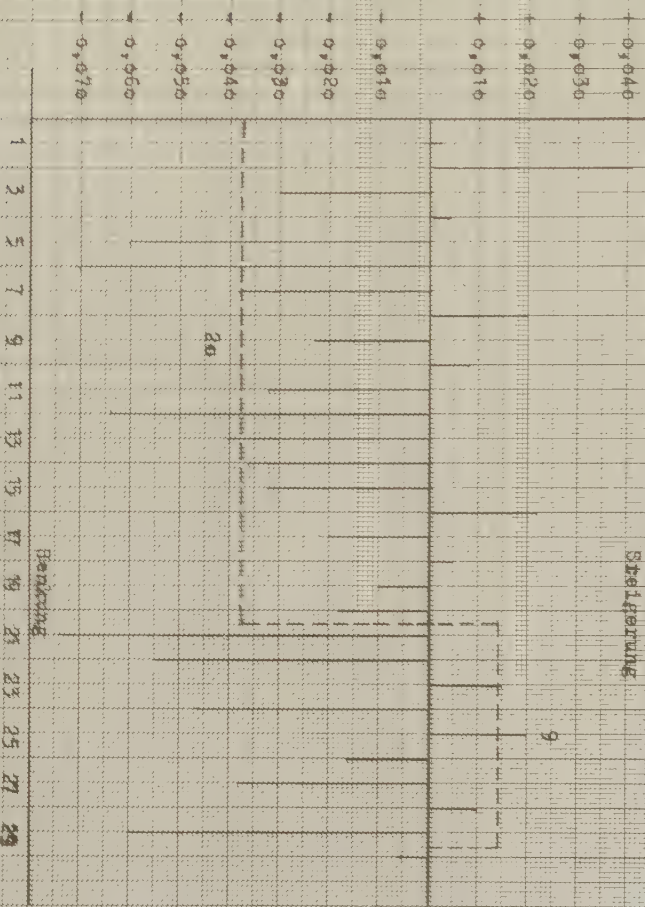
cm³/min/mm/Hg

Stiefung

9

Abflussschein

Gesamte Anzahl
Verhalten des Abflusses
nach dem Tage des
trockenheitsbildung



Tafel 4

cm/min/aus/Bg

Steigerung

12

Senkung

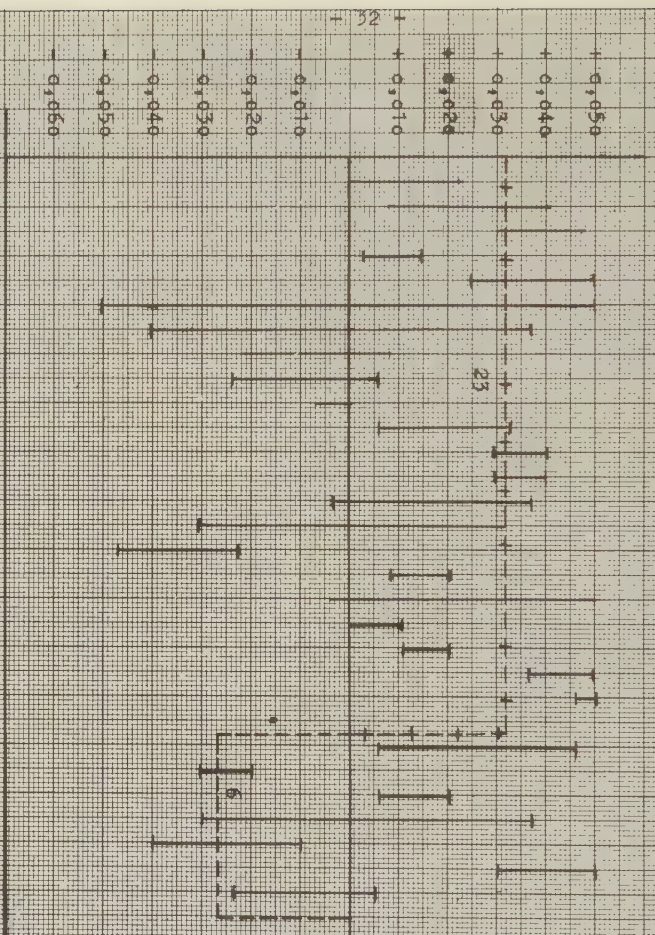
15

Abflusssvermögen

Gesunde Augen
Verhalten des Abflus-
vermögens am Tage der
Kontrolluntersuchung

Augenzahl: 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 Tafel: 3

cm/min/mm/Hg



Augenzeit: 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

Zeit: 6

Aufzeichnung

Gestirnte Augen
 gestirnte, gestirnte
 gestirnte, gestirnte
 gestirnte durch Markungsauf-
 nahme
 schwarze Sehkreuz
 - verändertes Abfindungs-
 mäßig

cc) Der ständige Durchfluß von Kammerwasser F

Der ständige Durchfluß von Kammerwasser war am Testtage im Vergleich zur Bezugsmessung 20 mal gesunken und zwar um 1,33 cmm/min im Durchschnitt, 7 mal gestiegen und 3 mal unverändert geblieben.

Bei der Kontrolluntersuchung sank der F-Wert ebenso oft, nämlich 19 mal durchschnittlich um 0,30 cmm/min, stieg 7 mal und blieb 4 mal unverändert.

Mit der tatsächlichen C-Wertänderung verglichen lassen die F-Werte folgende Abhängigkeit erkennen: 11 mal stiegen sowohl der F-Wert als auch der C-Wert, 6 mal sanken beide Werte, 5 mal änderte sich F nicht und das Abflußvermögen stieg. Einmal änderte sich der C-Wert nicht und F stieg an.

b) Glaukomkranke Augen

Das Vorgehen und die Untersuchung blieben die gleichen wie im vorangegangenen Abschnitt, in dem das Verhalten von P_o , C und F bei gesunden Augen behandelt wurde. Die nachstehenden Tabellen enthalten die gefundenen Werte für den Augendruck P_o am ersten und am zweiten Tag, den Unterschied zwischen den beiden P_o -Werten des ersten und zwischen denen des zweiten Tages, dann die Differenz zwischen diesen beiden Tagesunterschieden. Es folgt die P_o -Änderung in Prozent und die F-Werte. In der anschließenden Tabelle sind die gefundenen C-Werte verzeichnet, in gleicher Weise wie bei den Augendruckwerten dargestellt.

aa) Der Augendruck P_0

Die Tafel 7 stellt wieder die P_0 -Differenz der 10 Uhr- und der Mittagsmessung des Kontrolltages dar. Im Verhältnis zu der Untersuchung um 10 Uhr war von 16 Augen in 13 Fällen der Druck gesunken und zwar bei 9 Patienten um mehr als 2,5 mm/Hg, bei den übrigen lagen die Werte zwischen 0,4 mm/Hg und 2,5 mm/Hg. Der Durchschnittswert betrug 2,76 mm/Hg. Ein Auge zeigte bei der Mittagsmessung ein Ansteigen des Druckes um 3,25 mm/Hg, und zweimal trat keine Änderung ein.

Noch ausgeprägter als am Kontrolltag ist das Sinken des Augendruckes am Tage des Testes festzustellen. (Tafel 8) Hier sank der Druck bei 15 Augen um 4,60 mm/Hg. Die einzelnen Werte zeigen folgende Zahlen: Sechs Werte liegen über 5,6 mm/Hg, fünf zwischen 2,0 mm/Hg und 5,0 mm/Hg, die übrigen darunter. Einmal stieg der Druck um 2,53 mm/Hg. Die letzte Tafel gibt das Verhältnis der Druckänderungen des Test- und des Kontrolltages wieder. Dreizehn Augen zeigten eine Augendrucksenkung im Durchschnitt um 3,65 mm/Hg. Siebenmal liegen die Werte über 2,3 mm/Hg, fünfmal zwischen 1,0 mm/Hg und 2,3 mm/Hg. Dreimal stieg der Druck im Mittel um 3,3 mm/Hg.

Tabelle 3

Glaukome

Nr.	P ₀₁	P ₀₂	Diff.	Diff.zw. 1. u. 2. Tag	%	F ₁	F ₂
1	48,16 43,38	36,96 39,00	11,20 4,38	+ 6,28	13,2	1,46 2,47	2,52 0,13
2	44,80 40,80	40,18 37,20	4,62 3,60	+ 1,02	1,2	2,38 2,15	2,27 2,42
3	37,19 32,89	32,86 36,14	4,23 -3,25	+ 7,48	1,9	1,85 2,22	1,67 3,91
4	44,76 47,61	39,59 44,80	5,17 2,81	+ 2,36	5,8	3,64 4,37	4,08 3,64
5	35,76 31,41	33,52 25,81	2,24 5,60	- 3,36	11,8	2,16 2,36	1,09 0,85
6	35,00 48,20	33,89 42,10	1,11 6,10	- 4,99	1,9	1,37 2,40	1,33 1,40
7	32,97 34,10	21,54 30,90	11,43 3,20	+ 8,23	25,2	2,12 2,10	0,59 1,97
8	25,41 22,30	20,10 18,50	5,31 3,80	+ 1,51	4,0	2,18 1,27	1,09 0,95
9	23,87 25,00	26,39 24,20	4,52 0,80	- 2,25	23,8	1,33 1,46	1,56 1,50
10	22,65 18,50	17,09 18,20	5,56 0,30	+ 5,26	8,1	1,69 1,05	0,52 0,86
11	22,65 18,50	17,90 17,90	4,75 0,60	+ 4,15	17,4	1,89 0,91	0,99 0,81
12	22,63 18,52	13,10 15,61	9,53 2,91	+ 6,62	25,3	1,64 1,43	0,17 3,52
13	17,92 17,13	15,61 15,61	2,31 1,52	+ 0,79	3,9	0,87 0,61	0,58 0,43
14	20,80 17,90	19,30 17,90	1,00 0,00	+ 1,00	5,0	1,24 0,73	0,97 0,87
15	19,48 16,20	19,20 16,20	0,28 0,00	+ 0,28	1,4	1,01 0,85	1,37 0,78
16	11,80 12,60	10,40 12,20	1,40 0,40	+ 1,00	0,00	0,02 0,15	0,00 0,09

mm/Hg

4
3
2
1
1
1
2
3
4
5
6
7

Druckanstieg

1

Drucksenkung

13

p
0

Glaukome
Verhalten des Auger-
druckes am Tage der
Kontrolluntersuchung

Augenzahl:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Tafel: 7

mm/Hg

Druckanstieg

Drucksenkung

$\frac{P}{P_0}$

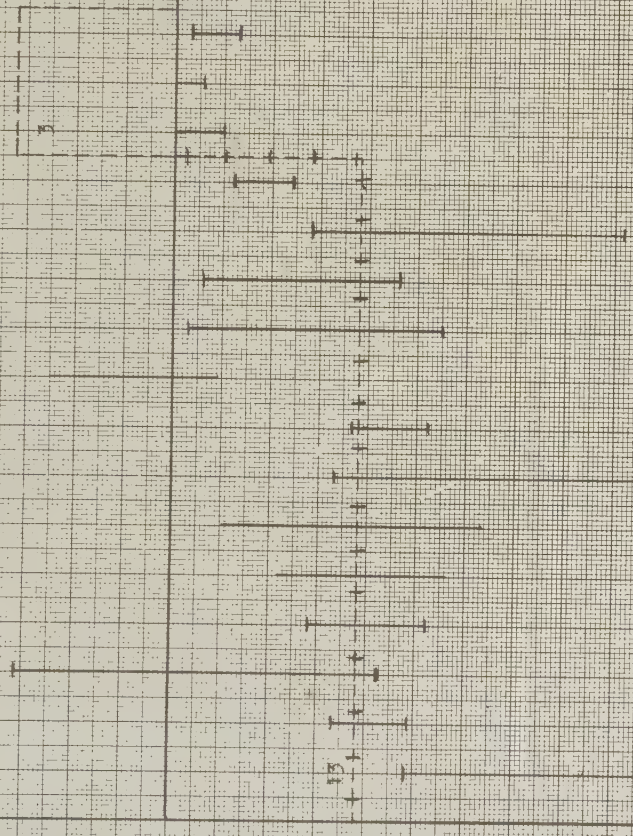
Glaukome
Verhalten des Augen-
druckes am Tage des
Messens

Augenzeit

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Tafel 3

mm/Hg



Augenzahl:

bb) Das Abflußvermögen C

In Tafel 10 werden die gefundenen Werte des Kontrolltages dargestellt. Im Mittel sank bei der zweiten Tagesmessung bei 9 Augen das Abflußvermögen um 0,035. Es stieg bei 7 Augen um 0,026 cmm/min/mm/Hg durchschnittlich. Tafel 11 zeigt die C-Werte am ersten Tag, dem Testtag. 9 Augen lassen ein Sinken des Abflußvermögens um 0,024 cmm/min/mm/Hg erkennen. Um durchschnittlich 0,031 stieg das Abflußvermögen bei 6 Augen, einmal änderte es sich nicht.

Ein ähnliches Bild findet man in der folgenden Tafel, in der das Verhältnis der C-Wertänderung des Test- und des Kontrolltages dargestellt wird. Bei 8 Augen findet man das Abflußvermögen gesunken (schwarze Linien) und zwar im Mittel um 0,041 cmm/min/mm/Hg, dagegen stehen ebenfalls 8 Augen mit einer Steigerung des Abflußvermögens um durchschnittlich 0,044 cmm/min/mm/Hg (quergestr. Linien). Um weniger als 0,020 war der C-Wert zweimal gestiegen, der Rest änderte sich um mehr als 0,020 cmm/min/mm/Hg. Aus diesen Tafeln geht hervor, daß die Nahrungsaufnahme keinen konstanten Einfluß auf das Abflußvermögen bei Glaukomen auszuüben scheint wie auf den Augendruck.

cc) Der ständige Durchfluß von Kammerwasser F

Wie bei den gesunden Augen sank sowohl am Kontroll- wie auch am Testtag der F-Wert in der Mehrzahl der Fälle, nach erfolgter Nahrungsaufnahme 12 mal um durchschnittlich 1,0 cmm/min. Die Werte des Kontrolltages zeigen ein annähernd gleiches Bild, hier sank der F-Wert bei elf Augen um durchschnittlich 0,70 cmm/min. Die Differenz des Kontrolltages als Nullwert angenommen, läßt einen vermehrten Durchfluß bei 7 Augen und einen verringerten Durchfluß bei 9 Augen erkennen, wobei interessant ist festzustellen, daß 9 Augen gleichzeitig

eine Drucksenkung und verringerten F-Wert erkennen lassen.

Tabelle 4

Glaukome

Abflussvermögen C

Nr.	C ₁	C ₂	Diff.	Diff. zw. 1. u. 2. Tag
1	0,044 0,078	0,050 0,055	- 0,006 0,023	+ 0,029
2	0,072 0,074	0,079 0,095	- 0,007 - 0,021	- 0,014
3	0,120 0,105	0,084 0,160	0,036 - 0,055	- 0,091
4	0,110 0,120	0,150 0,110	- 0,040 0,010	+ 0,050
5	0,090 0,120	0,054 0,065	0,036 0,055	- 0,019
6	0,059 0,066	0,059 0,048	0,000 0,018	+ 0,018
7	0,106 0,090	0,065 0,106	0,041 - 0,016	- 0,057
8	0,164 0,124	0,130 0,143	0,034 - 0,019	- 0,053
9	0,112 0,116	0,106 0,126	0,006 - 0,010	- 0,016
10	0,154 0,155	0,141 0,137	0,013 0,018	+ 0,005
11	0,180 0,132	0,166 0,131	0,014 0,001	- 0,013
12	0,150 0,210	0,120 0,090	0,030 0,120	+ 0,090
13	0,141 0,115	0,170 0,114	- 0,029 0,001	+ 0,030
14	0,118 0,136	0,140 0,097	- 0,023 0,039	+ 0,062
15	0,188 0,131	0,174 0,183	0,014 - 0,052	- 0,066
16	0,176 0,170	0,260 0,184	- 0,084 - 0,014	+ 0,070

cm³/min/mm/Hg

+ 0,030

+ 0,020

+ 0,010

- 0,010

- 0,020

- 0,030

Steigerung

7

Senkung

9

Augenahl: 1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

Tafel: 10

Abfließvermögen

Glaukome

Verhalten des Abfließ-
vermögens am Tage der
Kontrolluntersuchung

cmv/min/mm/ks

Stärke

+ 0,030

+ 0,020

+ 0,010

- 0,010

- 0,020

- 0,030

- 0,040

Senkung

6

9

Augenzahl:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Maßstab: 1:1

Ablüßvermögen

Glauskome
Verhalten des Abflusses
verhältniss am Tage der
Versuchsschneidung

mm/min/mm/lg

+ 0,070

+ 0,060

+ 0,050

+ 0,040

+ 0,030

+ 0,020

+ 0,010

- 0,010

- 0,020

- 0,030

- 0,040

- 0,050

- 0,060

B

Abtanzabz.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Tabell. 12

Abflussvermögen

Glanzkorn

- Steigerung des Abflussvermögens durch Mauerungsaufnahme =

schwarze Senkrechte

- Sinken des Abflussvermögens durch Mauerungsaufnahme =

C B e s p r e c h u n g d e r E r g e b n i s s e

1. Der Augendruck P_0 bei gesunden Augen

Nach Serr, Alimuddin, Prijot und Weekers liegt der Tagesdruckabfall von morgens bis abends zwischen 2 und 5 mm/Hg. Bei meinen Untersuchungen stieg der P_0 -Wert von der Messung um 10 Uhr bis zur zweiten Messung um 12 Uhr 30 bei den Kontrolluntersuchungen sechsmal um 1,5 mm/Hg im Mittel, das sind 9,5%, 23 mal sank er durchschnittlich um 1,4 mm/Hg (9,5%). Einmal blieb er unverändert. Bei den Testuntersuchungen mit zwischen beiden Messungen erfolgter Nahrungsaufnahme sehen die Resultate ungefähr gleich aus. 20 mal sank der Augendruck um 2,3 mm/Hg und stieg 7 mal um 1,1 mm/Hg durchschnittlich.

Die gefundenen Werte halten sich also in den Grenzen der Angaben obengenannter Autoren.

Der Druck verhält sich sowohl am Test- als auch am Kontrolltage ähnlich, und zwar in der Zahl der Drucksenkungen als auch in der Höhe der Veränderungen. Diese Tatsache wird in Tafel 3 deutlich, aus der ersehen werden kann, daß die Druckwerte des Kontrolltages, verglichen mit den Werten des Testtages, 13 mal abnahmen, 16 mal stiegen und sich einmal an beiden Tagen gleiche Resultate ergaben.

2. Das Abflußvermögen bei gesunden Augen

Der C-Wert blieb nach der Testuntersuchung 16 mal tiefer als am Tage der Kontrolluntersuchung, die Änderung betrug dabei 4 mal weniger als 5%. Alle Änderungen die unter 5% liegen dürften unter die normalen Fehlerquellen fallen. Verschiedene Autoren nehmen sogar Ungenauigkeiten, bedingt durch die Verschiedenheit der Hornhautkrümmung und die Schwankung der Skleralrigidität von $\pm 10\%$ an (Becker). Allerdings werden in dieser Arbeit immer zwei Faktoren gegenüber gestellt, sodaß der Fehler immer für beide Messungen

gilt, und, da es nur auf das Vergleichen ankommt, nicht beachtet zu werden brauchte.

Etwaige individuelle Messfehler dürften ebenfalls nicht ins Gewicht fallen, da sämtliche Probanden nur von einem Untersucher tonographiert wurden, und die Technik an sich immer die gleiche blieb.

Bei der Testuntersuchung stieg in 20 Fällen das Abflußvermögen, und die Gegenüberstellung der Werte des Testtages zu denen des Kontrolltages läßt eine Änderung des Abflußvermögens bei 23 Augen im Sinne einer Steigerung um $0,033 \text{ cmm/min/mm/Hg}$ erkennen. Man darf also annehmen, daß die Nahrungsaufnahme einen Einfluß auf das Abflußvermögen ausübt, die relative Steigerung des Testtages gegenüber dem Kontrolltag beträgt durchschnittlich $12,2\%$. Untersucht man weiter, ob eine Abhängigkeit dieses Vorganges von einem höheren Anfangsdruck besteht, muß man feststellen, daß dies nicht der Fall sein kann. Bei 15 Augen zwischen $14,5$ und $20,0 \text{ mm/Hg}$ Augendruck stieg das Abflußvermögen 11 mal um $0,042 \text{ cmm/min/mm/Hg}$ und von 15 Augen zwischen $14,5$ und $10,5 \text{ mm/Hg}$ 12 mal, um $0,025 \text{ cmm/min/mm/Hg}$.

3. Der Augendruck P_0 bei Glaukomen

Im Gegensatz zu den gesunden Augen ist bei den Glaukomen eine Einwirkung der Nahrungsaufnahme als Druckverminderung feststellbar. Bis auf drei Ausnahmen sank der P_0 -Wert schon am Kontrolltage gemäß der Tagesdruckkurve. Nach der Nahrungsaufnahme war ein im Durchschnittswert noch mehr verminderter Augendruck zu beobachten, bei nur einem Druckanstieg. Daher bleibt auch bei der Gegenüberstellung der Tagesdifferenzen der Test- und der Kontrolluntersuchungen, die Differenz der Kontrolluntersuchung dabei als Basiswert genommen, die drucksenkende Wirkung der Nahrungsaufnahme deutlich. Die relative Drucksenkung ist unabhängig von der Höhe des Anfangsdruckes und liegt bei 3,6 mm/Hg durchschnittlich.

In Übereinstimmung mit Köllner kann also nachgewiesen werden, daß die Nahrungsaufnahme auf den Druck der glaukomatös veränderten Augen einen senkenden Einfluß ausübt.

4. Das Abflußvermögen bei Glaukomen

Bei den gesunden Augen konnte eine Verbesserung des Abflußvermögens eindeutig erkannt werden. Dagegen verhalten sich die C-Werte bei den Glaukomen anders. Hier kann teils ein Sinken, teils ein Steigen des Abflußvermögens beobachtet werden. Die Werte des Test- und des Kontrolltages zeigen ein ähnliches Bild. Ebenfalls läßt die Vergleichskurve, bei der die Differenz des Kontrolltages als Basiswert angenommen wurde, keinen großen Unterschied erkennen.

5. Würdigung der Ergebnisse

Die gesunden Augen zeigen einen gesunkenen P_o -Wert sowohl bei der Test- als auch bei der Kontrolluntersuchung. Ein exakt berechnender Unterschied zwischen diesen beiden besteht nicht, dagegen ist das Abflußvermögen durch die Nahrungsaufnahme deutlich gesteigert. Die Glaukome reagieren auf die Nahrungsaufnahme anders. Bei gleichbleibendem Abflußvermögen wird der Augendruck erniedrigt.

Eine Erklärung für das unterschiedliche Verhalten der gesunden Augen und der Glaukome nach Nahrungsaufnahme dürfte wohl in den Veränderungen des Blutdruckes und der Blutfülle der Gefäße zu suchen sein. Wie eingangserklärt, sinkt der Blutdruck nach der Nahrungsaufnahme ab, da das Blut zum Zwecke der Verdauung in die Eingeweide abströmt. Natürlich sinkt damit die Blutfülle in den Augen ebenfalls. Der Blutdruck und die Blutfülle im Auge sind aber maßgebliche Faktoren zur Erhaltung des Augendruckes. Absinken der Blutfülle bedeutet Absinken des Druckes im Augennern. Die gesunden Augen sind nun bestrebt, plötzliche Druckänderungen auszugleichen; dies geschieht entweder durch Eindämmen des Abflusses oder durch Vermehren des Zuflusses. Da meine Ergebnisse sogar eine Verbesserung des Abflußvermögens sichtbar werden lassen, kann folglich der Druck nur durch vermehrte Kammerwasserproduktion aufrecht erhalten werden, was durch die Gegenüberstellung der F-Werte auch bestätigt wird. Die Ursache des verbesserten Abflußvermögens dürfte sein, daß durch das in die Baucheingeweide abgeströmte Blut der episklerale Venendruck absinkt. Dies bedingt ein größeres hydrostatisches Druckgefälle zwischen dem Augendruck und dem Druck der Venen, die das Kammerwasser aufnehmen, eine Abflußsteigerung ist die Folge.

Eine andere Deutung wäre die, daß durch das verringerte Blutpolster in den Augen der Augenbinnendruck absinkt. Dadurch setzt die physiologische Regulation ein, um den Druck

wieder auf normale Höhe zu bringen. Es kommt nun aber möglicherweise zu einer überschießenden Sekretion, womit dann wieder das gesteigerte Abflußvermögen erklärt wäre.

Sicherlich spielen aber beide Faktoren, größeres hydrostatisches Druckgefälle zwischen Augendruck und episkleralem Venendruck einerseits, sowie überschießende Regulation andererseits, für die gesunden Augen eine Rolle.

Den Glaukomaugen ist diese Regulationsfähigkeit weitgehend verloren gegangen, sodaß die normalen physiologischen Vorgänge nicht mehr ablaufen können. Die Glaukomaugen können wohl den durch das verminderte Blutpolster und den gesunkenen Blutdruck verringerten Augendruck nicht ausgleichen. Außerdem haben die Glaukomaugen einen höheren Anfangsdruck und lassen daher die Drucksenkungen eher möglich werden, die zudem in Richtung normaler Verhältnisse gehen. Durch den geschädigten Regulationsmechanismus scheint das glaukomatös veränderte Auge auch nicht mehr in der Lage zu sein, eine Augendruckänderung durch Änderung des Abflußvermögens auszugleichen.

D Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wurde bei 30 gesunden und 16 Augen mit Glaukoma simplex untersucht, ob die Nahrungsaufnahme den intraokularen Druck, das Abflußvermögen und den ständigen Durchfluß von Kammerwasser zu beeinflussen vermag.

Die Patienten wurden jeweils an zwei Tagen um 10 Uhr und am ersten Tag eine Stunde nach dem Essen tonographiert. Am zweiten Tag fand die Untersuchung zu denselben Zeiten statt, aber ohne daß zwischen beiden Messungen eine Nahrungsaufnahme erfolgte.

Es wurde gefunden, daß die Nahrungsaufnahme indirekt über den Kreislauf die intraokularen Vorgänge zu beeinflussen scheint, und zwar bei den gesunden Augen im Sinne einer Steigerung des Abflußvermögens. Diese kann einerseits durch Senkung des Druckes in den episkleralen Venen nach Abströmen des Blutes in die Eingeweidegefäße unmittelbar bedingt sein. Andererseits ist aber auch vorstellbar, daß intraokulare Drucksenkung durch Entleerung des Gefäßpolsters der Aderhaut zu einer vermehrten Kammerwasserbildung führt, die über das zur Druckkompensation erforderliche Maß hinausgeht und dadurch zu einer regulativen Erhöhung des Abflußvermögens führt.

Die Glaukomaugen lassen eine Einwirkung der Nahrungsaufnahme auf das Abflußvermögen nicht erkennen, dagegen eine Augendrucksenkung. Diese dürfte durch die Verminderung der intraokularen Blutfülle als Folge der Verdauungsvorgänge zustande kommen. Erkennbare regulatorische Vorgänge treten in Augen mit Glaukoma simplex nicht in Erscheinung, da deren Druckregulation weitgehend gestört ist. Zu einer etwaigen Erhöhung des Minutenvolumens besteht bei pathologisch gesteigertem Augenbinnendruck ohnedies kein Anlaß.

Hinsichtlich des Ausgangsproblems zeigt sich also, daß Nahrungsaufnahme das Abflußvermögen nicht vermindert, wie das ursprünglich der Fall zu sein schien, sondern erhöht. Die

eingangs erwähnten bei früheren Untersuchungen beobachteten Unterschiede tonographischer Ergebnisse um die Mittagsstunde sind demnach nur dadurch zu erklären, daß zu der genannten Zeit physiologischerweise innerhalb einer kurzen Frist eine relativ starke Widerstandszunahme stattfindet. Mit der Nahrungsaufnahme zusammenhängende Vorgänge wirken dieser entgegen.

E L i t e r a t u r

- Alimuddin, M. Normal intraocular pressure.
British.J.Ophthalm. 40,365,1956
- Becker, B. Clinical aqueous outflow.
A.M.A.Arch. Ophthalm. 50,557,1953
- de Roethth, A.jr. Relation of tonography to phasic variations of intraocular pressure.
A.M.A.Arch Ophthalm. 51,740,1954
- Dieter, W. Über den Zusammenhang zwischen osmotischem Druck, Blutdruck und Augendruck nach neueren experimentellen und klinischen Untersuchungen.
Arch. Augenheilk. 96,179,1925
- Friedenwald I.S. Contribution to the theory and practice of tonometry.
Amer. J. Ophthalm 20,985,1937
- Grant, W.M. Tonographic method for measuring the facility and rate of aqueous flow in human eyes.
A.M.A. Arch. Ophthalm. 44,204,1950
- Hagen, S. Glaukoma pressure curves.
Acta ophthalm. 2,199,1925
- Köllner, H. Über den Augendruck bei Glaukoma simplex.
Arch. Augenheilk. 81,120,1916
- Kümmel, R. Untersuchungen über Glaukom und Blutdruck.
Graefes Arch. 79,183,1911
- Langley, D. und Swanljung, H. Ocular tension in glaukoma simplex.
Brit.J.Ophthalm. 35,445,1951
- Maslienikow, A. Bericht über die Verhandlungen der Moskauer Augenärzte.
Zeitschr.für Augenheilk. 11,564,1904
- Merté, H.J. Verbesserte Elektrototonographie mit einem Haltegerät.
Ophthalmologica, 133,134,1957
- Merté, H.J. Tonographie mit dem Schiötz Tonometer.
Klin.Mbl.Augenheilk. 129,471,1956
- Moses, R.A. und Bruno, M. Outflow of fluid from eye under increased Pressure.
A.M.J. Ophthalm. 33,389,1950

- Pilz, H. und
Comberg, D. Kreislaufbedingte Augeninnenschwan-
kungen.
Graefes Arch. 163,203,1961
- Polak, F. und
Mencik, Zd. Der Einfluß der Verdauungstätigkeit
auf die Blutdruckregulation Hochdruck-
kranker unter der Wirkung von Reser-
pin und Phthalazinkörpern.
Zeitschrift für Kreislaufforschg. 47,97,1958
- Prijot, E. und
Weekers, R. Mesure de la résistance à l'écoulement
de l'humeur aqueuse au moyen du ton-
omètre électronique.
Ophthalmologica 123,1,1952
- Sallmann, L. und
Deutsch, A. Die klinische Bedeutung der Tagesdruck-
kurve und der Belastungsprobe beim
Glaukom.
Graefes Arch. Ophthalm. 124,624,1930
- Löhlein, W. Intraocularer Flüssigkeitswechsel und
intraocularer Druck, Glaukom, Hypotonie.
Lehrbuch der Augenheilk. Serr.
Gustav Fischer Verlag, Jena. 513,1949
- Thiel, R. Die physiolog. u. experimentell erzeugten
Schwankungen des intraocularen Druckes
in gesunden und glaukomatösen Augen.
Arch. Augenheilk. 96,331,1925
- Wessely, K. Beziehungen zwischen Augendruck und
allgemeinem Kreislauf.
Arch. Augenheilk. 83,99,1918

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Professor Dr. H.J. Merté für die Überlassung des Themas, sowie für seine verständnisvolle Unterstützung und wertvolle Hilfe bei der Durchführung der Versuche meinen besten Dank zu sagen.

Gleichzeitig danke ich Herrn Professor Dr. W. Rohrschneider dafür, daß mir für die Arbeit die Einrichtungen der Klinik zur Verfügung standen.

Herrn Dekan Professor Dr. Seitz danke ich für die Abnahme der Arbeit.

L e b e n s l a u f

Am 14.II.1934 wurde ich als Sohn des Frauenarztes Dr.med. Artur Dolinski und seiner Ehefrau Elsbeth, geborene Spillmann, in Halle a.S. geboren.

Im Jahre 1940 besuchte ich dort die Volksschule, bis ich 1944 nach Naumburg a.S. evakuiert wurde. Im Frühjahr 1945 flüchtete meine Mutter mit uns drei Kindern vor dem Einmarsch der Russen in die Schweiz nach Solothurn zu unserer Großmutter. Dort besuchte ich die 5. Klasse der Primarschule. Daran anschließend, für zwei Jahre bis zum März 1949, lebte ich mit meinem Bruder in Samaden, in der Evangelischen Lehranstalt. Dann kehrte ich wieder nach Solothurn zurück, wo ich im Herbst 1954 die eidgenössische Matur ablegte.

Mein medizinisches Studium begann ich im WS 1954/55 an der Universität in Göttingen. Nach einer Prüfung zur Anerkennung der schweizerischen Matur, bestand ich daselbst im Frühling 1957 das Physikum. Darauf studierte ich an der Universität München und legte dort im Juni 1960 das Staatsexamen ab.

Seit dieser Zeit bin ich als Medizinalassistent am Krankenhaus München-Pasing angestellt.

